



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007132508/28, 28.08.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.08.2007

(45) Опубликовано: 10.12.2008 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2174247 C1, 28.02.2000. JP 3288804,
19.12.1991. JP 62042106, 24.02.1987. JP
55121406, 18.09.1980.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19,
ГОУ ВПО "УГТУ-УПИ", Центр интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

Жукова Лия Васильевна (RU),
Жуков Владислав Васильевич (RU),
Примеров Николай Витальевич (RU),
Чазов Андрей Игоревич (RU),
Корсаков Александр Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное общеобразовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Уральский государственный
технический университет-УПИ" (RU)

(54) ОДНОМОДОВЫЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ИНФРАКРАСНЫЙ СВЕТОВОД

(57) Реферат:

Изобретение относится к волоконно-оптическим
системам связи и предназначено для передачи
информации по одномодовым кристаллическим
инфракрасным световодам в широком
спектральном диапазоне. Одномодовый
кристаллический инфракрасный световод включает
сердцевину и оболочку. Световод выполнен на
основе твердых растворов хлорид-бромид

серебра. Сердцевина имеет диаметр 20-110 мкм и
содержит ингредиенты при следующем
соотношении в мас. %: хлорид серебра 19,0-21,0;
бромид серебра 81,0-79,0. Оболочка содержит те
же ингредиенты при следующем соотношении в
мас. %: хлорид серебра 25,0-35,0; бромид серебра
75,0-65,0. Технический результат - получение
световодов, предназначенных для работы в
широком спектральном диапазоне (3-30 мкм). 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2007132508/28, 28.08.2007**

(24) Effective date for property rights: **28.08.2007**

(45) Date of publication: **10.12.2008 Bull. 34**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul. Mira, 19,
GOU VPO "UGTU-UPI", Tsentr intellektual'noj
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Zhukova Lija Vasil'evna (RU),
Zhukov Vladislav Vasil'evich (RU),
Primerov Nikolaj Vital'evich (RU),
Chazov Andrej Igorevich (RU),
Korsakov Aleksandr Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obshcheobrazovatel'noe
uchrezhdenie vysshego professional'nogo
obrazovaniya "Ural'skij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet-UPI" (RU)**

(54) **SINGLE-MODE CRYSTALLINE INFRARED LIGHT WAVEGUIDE**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: present invention pertains to fibre-optic communications systems and is aimed at transmitting information along single-mode crystalline infrared light waveguides in a wide spectral range. The single-mode crystalline infrared light waveguide comprises a core and a shell, and is based on solid solutions of silver chloride and silver bromide. The core has

diameter of 20-110 mcm and with its ingredients in the following ratio, in wt %: silver chloride 19.0-21.0; silver bromide 81.0-79.0. The shell contains the same ingredients at the following ratio, in wt %: silver chloride 25.0-35.0; silver bromide 75.0-65.0.

EFFECT: design of light waveguides which work in a wide spectral range (3-30 mcm).

1 dwg

Изобретение относится к волоконно-оптическим системам связи и предназначено для передачи информации по одномодовым кристаллическим инфракрасным (ИК) световодам в широком спектральном диапазоне (3-30 мкм).

Межмодовая дисперсия в многомодовом оптическом волокне существенно ограничивает его информационную пропускную способность. Для ее устранения волокно необходимо проектировать таким образом, чтобы в нем распространялась только одна мода [Дж.Гауэр. Оптические системы связи. Перевод с английского под редакцией А.И.Ларкина. М.: Радио и связь, 1989, с.141]. Такой эффект достигается путем уменьшения разности показателей преломления сердцевины и оболочки, уменьшением диаметра сердцевины световода или смещением рабочей длины волны световода в инфракрасный диапазон спектра.

Известен ИК-световод на основе галогенидов серебра. Сердцевина световода выполнена из бромида серебра, а оболочка - из бромида серебра с включением хлорида серебра. Но волокно смоделировано таким образом, что пропускает двенадцать мод, а не одну, т.е. является многомодовым [E.Rave, A.Katzir. Mid-IR photonic crystal fibers.

Book of Abstracts of 6th International Conference on "Mid-Infrared Optoelectronics Materials and Devices", St Petersburg, Russia, 2004, p.57-58].

Известны двухслойные галогенидсеребряные световоды с малым диаметром сердцевины, предназначенные для передачи излучения в среднем ИК-диапазоне спектра. Однако авторы дают только теоретическую оценку одномодового волокна и не приводят конкретных данных по его получению [Sh. Shalem, A. Katzir. Silver halide Mid-IR transmitting core/clad fibers with small cores. Mid-IR photonic crystal fibers, Book of Abstracts of 6th International Conference on "Mid-Infrared Optoelectronics Materials and Devices", St Petersburg, Russia, 2004, p.145-146].

Известен световод для ИК-области спектра [Патент РФ №2174247 от 27.09.01. Световод для инфракрасной области спектра // Жукова Л.В., Зелянский А.В., Жуков В.В., Китаев Г.А.], который состоит из сердцевины AgCl-AgBr-AgI, взятых в определенных соотношениях, и отражающей оболочки AgCl-AgBr. Но этот двухслойный световод также является многомодовым.

Наиболее близким техническим решением является галогенидсеребряный световод для среднего инфракрасного диапазона спектра [S.Shalem, A.Tsun, E.Rave et al. Silver halide single - mode fibers for the middle infrared. Applied Physics Letters, 87, 091103 (2005)]. Сердцевина световода имеет диаметр 50-60 мкм и выполнена из твердого раствора состава $\text{AgCl}_{0,6}\text{Br}_{0,4}$, т.е. в мас.% AgCl - 60, AgBr - 40, а оболочка с внешним диаметром 900 мкм состоит из твердого раствора в мас.%: AgCl - 62 и AgBr - 38. При этом относительная разность показателей преломления сердцевины и оболочки составляет $\Delta=0,00156$ при числовой апертуре $\text{NA}=0,117$ и нормализованной частоте $V \approx 2,05$ на длине волны $\lambda=10,6$ мкм. Авторы показывают, что энергия, выходящая из торца световода, имеет вид функции гауссовского распределения, что является признаком возбуждения только фундаментальной моды, т.е. волокно ведет себя как одномодовое.

Но получить кристаллы на основе твердых растворов с одинаковым показателем преломления по высоте и диаметру возможно при условии, если они отвечают составу точки минимума, либо составу вблизи этой точки на диаграмме плавкости системы AgCl-AgBr (см. чертеж).

Кроме того, невозможно получить двухслойный световод на основе указанных галогенидов с такой малой величиной относительной разности показателей преломления сердцевины и оболочки $\Delta=0,00156$ из-за процесса диффузии.

Задачей изобретения является получение одномодовых кристаллических ИК-световодов на основе твердых растворов хлоридбромида серебра, предназначенных для работы в широком спектральном диапазоне (3-30 мкм).

Поставленная задача решается за счет того, что одномодовый кристаллический ИК-световод на основе твердых растворов хлорид-бромида серебра имеет сердцевину диаметром 20-110 мкм, содержащую ингредиенты при следующем соотношении в мас.%:

Хлорид серебра 19,0-21,0

Бромид серебра 81,0-79,0

а оболочка содержит те же ингредиенты при следующем соотношении в мас. %:

Хлорид серебра 25,0-35,0

Бромид серебра 75,0-65,0

что позволяет получать двухслойные инфракрасные световоды, в которых распространяется одна фундаментальная мода.

Преимущества перед прототипом:

сердцевина нового одномодового ИК-световода получена методом экструзии из совершенных по структуре кристаллов на основе твердых растворов AgCl-AgBr, т.к. они отвечают составу точки минимума на диаграмме плавкости этой системы, которая имеет координаты $T^{\min}=685\text{K}$, $N_{\text{AgBr}}^{\min}=74,5$ мол. % (80,0 мас. %) (см. чертеж) [Л.В.Жукова,

Н.В.Примеров, В.В.Жуков, А.С.Корсаков. Высокотехнологичное производство кристаллов на основе галогенидов металлов для фотонных ИК-световодов. Сборник трудов Седьмой Международной Конференции «Прикладная оптика - 2006», С.-Петербург, 2006, т.2, «Оптические материалы», с.243-248]. Поэтому кристаллы, а значит и изготовленная из них сердцевина световода имеют строго постоянный показатель преломления, чего невозможно достичь для состава кристаллической сердцевины, указанной в прототипе.

Составы кристаллов, из которых выполнена оболочка для одномодовых ИК-световодов, незначительно отличаются от состава кристаллов, отвечающих точке минимума. Поэтому выращивают также однородные по высоте и диаметру кристаллы такого состава, чтобы разность показателей преломления сердцевины и оболочки была 0,01-0,04.

Для работы на длинах волн 10,6 мкм и 30 мкм диаметр сердцевины световода 20-110 мкм, оболочки - 700-900 мкм (см. примеры). Причем при смещении рабочей длины волны световода в ПК-диапазон (30 мкм) диаметр сердцевины значительно увеличивается, что облегчает введение излучения в световод.

Одномодовость новых ИК-световодов определяет параметр нормализованной частоты $V=2,0$ [Дж.Гауэр. Оптические системы связи. Перевод с английского под редакцией А.И.Ларкина. М.: Радио и связь, 1989, с.128, 141] при числовой апертуре $NA=0,21-0,42$ и дополнительном угле полного внутреннего отражения $\theta_c=12-25^\circ$.

Пример 1.

Для работы на длине волны 10,6 мкм изготовлен оболочечный световод с внешним диаметром 900 мкм. Сердцевина диаметром 39 мкм имеет состав в мас. %:

Хлорид серебра 19,0

Бромид серебра 81,0

оболочка содержит в мас. %:

Хлорид серебра 25,0

Бромид серебра 75,0.

Разность показателей преломления сердцевины и оболочки составляет 0,01 при числовой апертуре 0,21; нормализованная частота равна 2, дополнительный угол ввода электромагнитного излучения в световод составляет 12° .

Проведена съемка торца световода. Излучение на выходе из сердцевины волокна имеет вид гауссовской функции. Такое распределение энергии указывает на распространение одной фундаментальной моды и, следовательно, подтверждает одномодовый режим работы волокна. [S.Shalem, A.Tsun, E.Rave and et. al. Silver halide single-mode fibers for the middle infrared. Applied physics letters 87, 091103 (2005)]

Пример 2.

Методом экструзии изготовили двухслойный световод с внешним диаметром 800 мкм. Световод предназначен для работы на длине волны 10,6 мкм. Состав сердцевины в мас. %:

хлорид серебра 20,0

бромид серебра 80,0

при диаметре 23 мкм, числовой апертуре 0,36; разности показателей преломления сердцевины и оболочки 0,03 и дополнительном угле ввода в световод 21° .

Нормализованная частота равна 2. Состав оболочки в мас. %:

5

Хлорид серебра 32,0
Бромид серебра 68,0.

Проведена съёмка торца световода как в примере 1. Вид регистрируемого на выходе из сердцевины световода излучения дает возможность говорить о наличии моды низкого порядка HE_{11} , т.е. об одномодовом инфракрасном кристаллическом световоде.

10

Пример 3.

Изготовили ИК-световод с внешним диаметром 700 мкм для работы на длине волны 10,6 мкм, который состоит из сердцевины диаметром 20 мкм состава в мас. %:

Хлорид серебра 21,0
Бромид серебра 79,0

15

и оболочки состава в мас. %:

Хлорид серебра 35,0
Бромид серебра 65,0

20

Разность показателей преломления сердцевины и оболочки равна 0,04 при числовой апертуре 0,42. Значение дополнительного угла полного внутреннего отражения 25° , нормализованная частота равна 2.

При съёмке торца световода излучение в поперечном его сечении имеет вид гауссовской функции, что подтверждает изготовление одномодового кристаллического ИК-световода.

25

Пример 4.

Изготовлен двухслойный одномодовый ИК-световод с внешним диаметром 900 мкм, предназначенный для работы на длине волны 30 мкм. Состав сердцевины в мас. %:

Хлорид серебра 19,0
Бромид серебра 81,0

30

состав оболочки в мас. %:

Хлорид серебра 25,0
Бромид серебра 75,0

35

Диаметр сердцевины составляет 110 мкм при разности показателей преломления 0,01; дополнительном угле ввода излучения в волокно 12° и числовой апертуре 0,21; нормализованная частота равна 2.

При сканировании торца световода вид выходящего излучения имеет гауссовскую функцию распределения энергии. Это свидетельствует о наличии моды низшего порядка и подтверждает изготовление одномодового кристаллического ИК-световода.

40

Пример 5.

Одномодовый ИК-световод с внешним диаметром оболочки 800 мкм и составом сердцевины в мас. %:

Хлорид серебра 20,0
Бромид серебра 80,0

45

и оболочки в мас. %:

Хлорид серебра 30,0
Бромид серебра 70,0

50

при этом имеет диаметр сердцевины 78 мкм при $\Delta n=0,02$; $NA=0,3$; $V=2$ и $\theta=17^\circ$. Световод предназначен для работы на длине волны 30 мкм.

Распределение энергии излучения на выходе из сердцевины световода в виде гауссианы указывает на его одномодовый режим работы.

Пример 6.

Состав сердцевины и оболочки двухслойного ИК-световода - как в примере 3, при тех же значениях разности показателя преломления сердцевины и оболочки, числовой апертуре, нормализованной частоте и угле ввода излучения. Но световод имеет диаметр сердцевины, равный 55 мкм, и работает на длине волны 30 мкм.

- 5 Проведена съемка торца световода как в примере 1. Наличие моды низкого порядка HE_{11} подтверждается распределением излучения в виде гауссовской функции, т.е. световод является одномодовым.

Пример 7.

- 10 При разности показателей преломления сердцевины и оболочки более 0,04 технологически сложно изготовить двухслойный световод с диаметром сердцевины менее 20 мкм. При этом повышается чувствительность волокна к потерям на изгиб.

Пример 8.

- 15 При изготовлении двухслойного световода с диаметром сердцевины более 39 мкм при работе на длине волны 10,6 мкм и световода диаметром более 110 мкм при работе на длине волны 30 мкм при Δn , θ и NA как в примерах 1 и 4, но при этом $V=3$, наблюдается многомодовый режим работы [Дж.Гауэр. Оптические системы связи. Перевод с английского под редакцией А.И.Ларкина. М.: Радио и связь, 1989, с.128].

- 20 Технический результат позволяет получать одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод благодаря новым составам кристаллов, из которых изготовлены методом экструзии оболочка и сердцевина. Причем кристаллы, из которых выполнена сердцевина, отвечают точке минимума на диаграмме плавкости системы AgCl-AgBr (см. чертеж), где состав жидкой и твердой фаз одинаковы. Вследствие этого кристаллы вырастают однородными и имеют совершенную структуру.

- 25 При $\Delta n=0,01-0,04$ рассчитывают и изготавливают сердцевину световода определенного диаметра с оптимальными значениями NA, θ и V для работы на заданной длине волны ИК-диапазона спектра (3-30 мкм).

Можно спроектировать и изготовить одномодовые ИК-световоды с указанным составом сердцевины для работы на любой длине волны приведенного ИК-диапазона.

- 30 В примерах 1-6 приведены одномодовые ИК-световоды и их характеристики, предназначенные для работы на длинах волн 10,6 мкм и 30 мкм.

Формула изобретения

- 35 Одномодовый кристаллический инфракрасный световод, включающий сердцевину и оболочку, выполненные на основе твердых растворов хлорид-бромид серебра, отличающийся тем, что сердцевина имеет диаметр 20-110 мкм и содержит ингредиенты при следующем соотношении, мас. %:

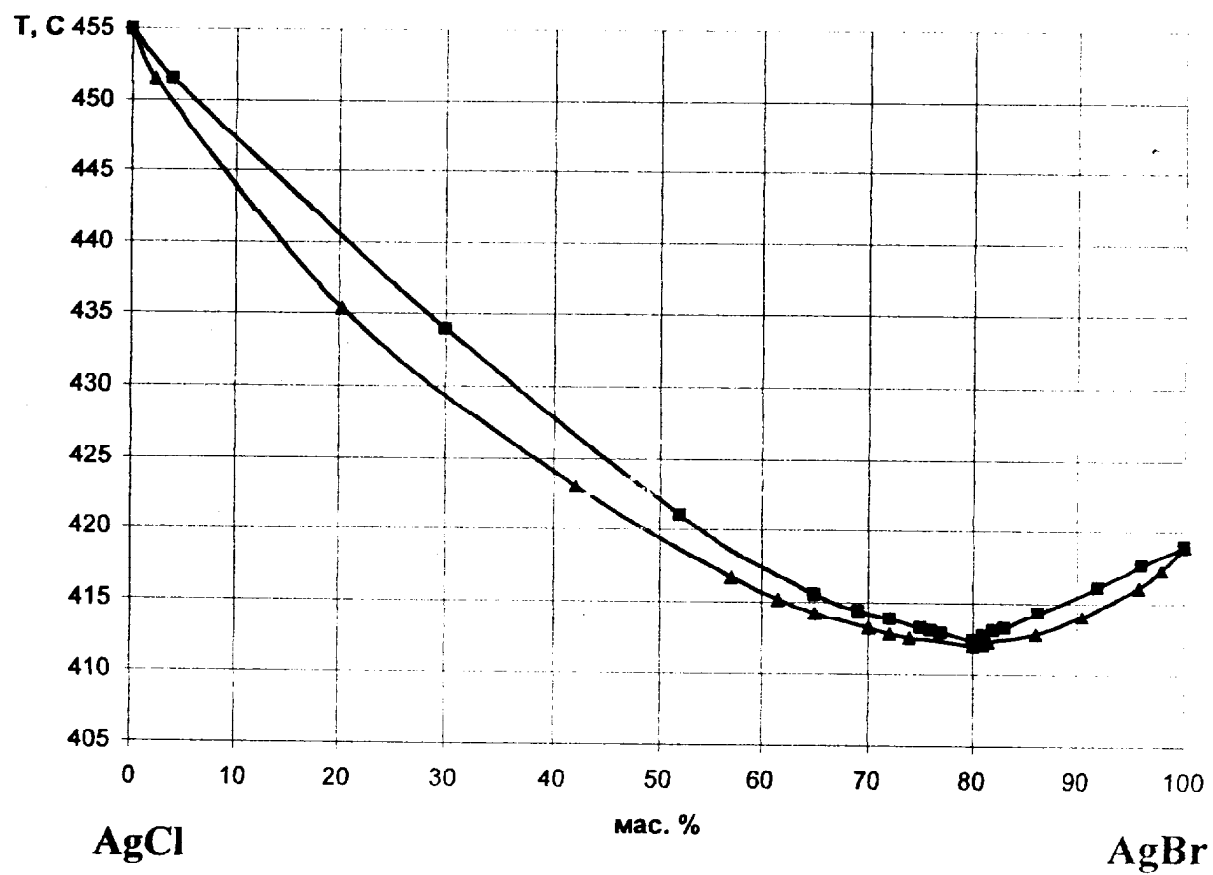
хлорид серебра 19,0-21,0
бромид серебра 81,0-79,0

- 40 а оболочка содержит те же ингредиенты при следующем соотношении, мас. %:

хлорид серебра 25,0-35,0
бромид серебра 75,0-65,0

45

50





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: 29.08.2009

Дата публикации: 27.03.2011

RU 2 340 921 C1

RU 2 340 921 C1